

TEMA 1.LA MATERIA VIVA. AGUA Y SALES MINERALES.

1. Los bioelementos.

Los elementos más abundantes en la corteza terrestre (O, Si, Al, Fe, etc.) no son los que forman la mayor parte de la materia viva (C, H, O y N). Pag 10.

En los seres vivos aparecen hasta 70 elementos de los cuales 27 son componentes esenciales para las diferentes formas de vida y solamente 16 se hallan en todas las clases de organismos. En general estos elementos reciben el nombre de elementos biogénicos o bioelementos y atendiendo a la cantidad en que aparecen se clasifican en tres grupos:

- Bioelementos primarios.

- Constituyen las moléculas de los seres vivos.
- Representan el 99% de la masa celular.
- Son C, H, O, N (forman las biomoléculas) y en menor proporción S (aparece en muchas proteínas -cisteína- y enzimas) y P (elemento estructural del ADN, ARN, ATP, ADP y componente del hueso).

- Bioelementos secundarios.

- Suponen un 1 % del total de los seres vivos.
- Aparecen en forma iónica en proporciones inferiores al 0,1%.
- El **sodio**, el **cloro** y el **potasio** participan en la transmisión del impulso nervioso.
- El **calcio** es componente estructural del hueso, y necesario para la contracción muscular.
- El **magnesio** se encuentra en muchas enzimas y en la clorofila.

- Oligoelementos.

- En conjunto constituyen **menos del 1%** de la materia viva.
- Cada uno se presenta en **cantidades inferiores al 0,1 %**.
- Su ausencia provoca enfermedades carenciales y a altas concentraciones producen intoxicaciones.
- Muchos de estos elementos están presentes en todos los seres vivos, pero algunos (como el silicio) sólo se encuentran en determinados grupos. Entre los oligoelementos destacan:
- El **hierro**: esencial en proteínas de transportadoras de electrones como los citocromos, o de transporte de oxígeno como la hemoglobina y la mioglobina.
- El **manganeso** actúa como catalizador y participa en la fotólisis del agua.
- El **cobre** es esencial para el funcionamiento de la citocromo oxidasa, enzima de la cadena respiratoria, y de la hemocianina que transporta oxígeno en artrópodos y moluscos.
- El **iodo** es componente básico de la hormona tiroxina la cual estimula los procesos metabólicos.
- El **flúor** forma parte de huesos y dientes.

2. Las biomoléculas.

Los bioelementos se combinan para dar lugar a moléculas, más o menos complejas, que constituyen los seres vivos. Estos compuestos reciben el nombre de biomoléculas o principios inmediatos pues pueden aislarse por métodos físicos como la centrifugación o la diálisis.

Se clasifican en dos tipos:

- **Inorgánicas.**
 - No son exclusivas de los seres vivos.
 - Poseen una estructura química muy sencilla.
 - Agua, sales minerales y algunos gases como el CO₂ y el O₂.
- **Orgánicas.**
 - Exclusivas de la materia viva.
 - Formadas por cadenas hidrocarbonadas.
 - Glúcidos lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Sus propiedades son las siguientes:

- Realizan funciones que dependen de su forma y tamaño.
 - Acoplamiento enzima-sustrato.
 - Complementariedad entre las cadenas del ADN.
- Son macromoléculas y polímeros formados por unidades básicas llamadas monómeros.

¿Por qué es el C el elemento fundamental en las moléculas orgánicas?

- **Tetravalencia.** Presenta cuatro orbitales enlazantes dispuestos en forma de tetraedro que generan enlaces covalentes.
- **Capacidad de unión.** Los átomos de C se unen entre si mediante enlaces simples, dobles o triples formando largas cadenas lineales, ramificadas e incluso cíclicas. También forma enlaces doble con el oxígeno y triples con el nitrógeno. Pag. 10.
- **Posibilidad de unión con distintos grupos funcionales.** Tabla de grupos, fórmulas y compuestos a partir de la página 13.

El único elemento similar es el silicio el cual es el componente fundamental de la mayor parte de las rocas y pertenece al mismo grupo del sistema periódico. El silicio, aunque también puede formar cadenas, establece enlaces Si-Si más débiles e inestables que los enlaces de las cadenas carbonadas. Las uniones con el oxígeno -O-Si-O-Si-O- (que dan lugar a los silicatos) son muy resistentes, hasta tal punto que con este tipo de uniones se sintetizan las siliconas, compuestos prácticamente inertes.

Desde el punto de vista biológico el carbono es más idóneo pues los enlaces deben ser suficientemente fuertes para construir moléculas resistentes, pero suficientemente débiles para que puedan romperse en las diferentes reacciones bioquímicas. Si existiera una “vida del silicio” originaría seres de carácter pétreo, muy semejantes a estatuas, y esto sería incompatible con la existencia del medio intracelular adecuado.

3. El agua.

Aún siendo una biomolécula inorgánica es el compuesto más abundante en los seres vivos: 95% en algas, 80-90% en plantas, 98% en medusas, 88% en lombrices de tierra, 55-78% en vertebrados o 63% en la especie humana. Dicha cantidad varía de un tejido a otro según la actividad del mismo (75-85% en tejidos musculares y nerviosos, 15-30% en tejidos adiposos, 20% en tejido óseo, etc.).

Tiene doble importancia para los seres vivos pues es el componente fundamental de las células y, para muchos de ellos su hábitat. Esto se debe a las propiedades derivadas de su estructura molecular.

3.1. Estructura química y puentes de hidrógeno.

La molécula de agua se forma por la unión de dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno mediante enlaces covalentes. Estos se disponen formando un ángulo de $104,5^\circ$.

El oxígeno es más electronegativo por lo que los electrones compartidos se sitúan más cerca de éste que del hidrógeno. Se generan así dos cargas parciales negativas situadas cerca del oxígeno y una positiva cercana a cada uno de los hidrógenos. Aunque su carga total es neutra la molécula es dipolar.

Distintas moléculas forman enlaces débiles por atracción de las cargas positivas de unas y las negativas de otras. Este tipo de enlaces se denominan puentes de hidrógeno. Cada molécula puede formar hasta cuatro enlaces con moléculas vecinas.

Los enlaces de hidrógeno se forman y se destruyen continuamente y aunque son débiles confieren al agua líquida una gran cohesión interna.

El agua líquida es un agregado en el que coexisten moléculas unidas con moléculas libre formando una estructura reticular. Si el número de puentes de hidrógeno aumenta pasa a estado sólido.

Cuando el agua está líquida cada molécula se une por puentes de hidrógeno a un promedio de 3,5 moléculas de agua. En el hielo cada molécula está unida a otras 4, sin embargo en este caso la red reticular es más abierta lo que produce una menor densidad.

Dibujos. Pag. 14.

3.2. Propiedades y funciones biológicas.

Todas derivan de la naturaleza dipolar de la molécula. Las más destacables son las siguientes:

1. **Gran poder disolvente.** El agua es el líquido que más tipos de sustancias distintas, tanto orgánicas como inorgánicas, puede disolver. Es por tanto un disolvente universal. **Pag 15.**
- Puede disolver **compuestos iónicos**, como las sales minerales, porque, dada su naturaleza dipolar, amortigua las fuerzas eléctricas internas de los solutos (los iones que los constituyen están unidos por enlaces iónicos), y las moléculas de agua rodean y se unen a cada uno de esos

- iones (fenómeno conocido como solvatación).
- Por la misma razón disuelve a muchos **compuestos orgánicos ionizables**, como los que contienen grupos carboxilo (R-COOH que al disociarse queda cargado como R-COO^-) o grupos aminos (R-NH_2 que al disociarse queda cargado como R-NH_3^+).
 - Puede disolver un sinnúmero de **moléculas orgánicas neutras** pero que poseen grupos polares (grupos $-\text{OH}$ de alcoholes y azúcares, grupos $-\text{NH}_2$ de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc) debido a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con dichos grupos.
 - Puede dispersar en su seno sustancias **anfipáticas** en forma de agregados del tipo micelas.
- Las **funciones biológicas** derivadas de esta propiedad son:
 - **Medio de transporte** de sustancias en los seres vivos lo que permite incorporar nutrientes a las células y eliminar productos de desecho.
 - **Medio de las reacciones metabólicas**. Las biomoléculas deben encontrarse en disolución acuosa para interactuar.
 - **Interviene**, como molécula o en forma ionizada, en múltiples reacciones.

En los seres vivos, dado que los solutos son de elevado peso molecular (polisacáridos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos), el medio acuoso presenta características de dispersión coloidal y, por tanto, su viscosidad es mayor que la del agua.

Además, las dispersiones coloidales o coloides se presentan en dos estados, reversibles en las células: un estado líquido (sol) y un estado gelatinoso, semisólido (gel) en el que las moléculas de agua presentan escasa movilidad al quedar retenidas entre las de soluto que pueden formar una auténtica red.

Al cambiar el grado de hidratación o al modificarse el grado de agregación de las macromoléculas, se producen cambios de sol a gel o viceversa (lo que resulta especialmente útil para que se produzcan corrientes citoplasmáticas en las células y desplazamientos de las mismas).

2. **Elevado calor específico**. El agua tiene un elevado calor específico, es decir, se requieren importantes suministros de calor para aumentar su temperatura. Cuando se calienta el agua, parte de la energía se utiliza para romper los puentes de hidrógeno y no tanto para aumentar la temperatura, lo que supone que incrementos o disminuciones importantes de temperatura externa únicamente producirán pequeñas variaciones en el medio acuoso.

FB. El agua actúa como un buen **amortiguador térmico** frente a cambios en la temperatura externa, lo que ayuda a mantener constante la misma en los seres vivos.

3. **Elevado calor de vaporización**. Dado que los puentes de hidrógeno deben romperse para pasar al estado gaseoso, el calor de vaporización del agua es más alto que el de muchos otros líquidos.

FB. Esto permite a los seres vivos utilizarla como mecanismo de **refrigeración**, al disminuir su temperatura mediante la evaporación del agua a través de sus superficies.

4. **Elevada fuerza de cohesión entre sus moléculas.** Los puentes de hidrógeno mantienen a las moléculas de agua unidas, formando un líquido compacto, que proporciona una cierta rigidez a las células (permitiendo que mantengan su forma o que experimenten cambios en la misma),

FB. Actúa como **esqueleto hidráulico** en muchos animales y proporciona **turgencia** a las plantas. La **cohesión** entre sus moléculas determina que el agua presente una elevada **tensión superficial**, es decir, que la superficie de contacto con otro medio forma una película bastante resistente pues la polaridad de las moléculas no se equilibra y la cohesión entre ellas es mayor en esa zona. Dicha superficie opone resistencia a ser traspasada, lo que explica que muchos insectos (como los zapateros) puedan desplazarse por la superficie del agua sin hundirse.

5. **Elevada fuerza de adhesión.** Las moléculas de agua tienen gran capacidad de adherirse a las paredes de conductos de diámetro pequeño ascendiendo en contra de la acción de la gravedad.

FB. Este fenómeno, que se denomina **capilaridad**, facilita el ascenso de la savia bruta por el xilema de los vegetales.

6. **Estado líquido.** El estado líquido del agua proporciona **flexibilidad** a los seres vivos.
7. **Baja densidad en estado sólido.** A diferencia de cualquier otro cuerpo, el agua sólida es menos densa que el agua líquida. Esta es la causa de que el hielo flote y forme una capa aislante que permite la vida acuática bajo el mismo. La **máxima densidad del agua se produce a 4° C**. Esta es la temperatura del agua que se sitúa en el fondo. En los ecosistemas acuáticos que se hielan durante el invierno se diferencian distintas zonas térmicas donde la temperatura desciende de 4 a 0 grados en la línea de contacto agua-hielo y hasta la temperatura superficial en la capa del mismo.

Dibujo.

8. **Transparencia.** La transparencia del agua, al permitir que la radiación solar penetre en el medio acuático hasta una cierta profundidad, hace posible que en estos ecosistemas se pueda realizar la fotosíntesis y todos los procesos ecológicos derivados de ella. Se establecen así una zona fótica iluminada y otra afótica sin luz.

4. Las sales minerales.

Son moléculas inorgánicas que pueden encontrarse precipitadas, disueltas, e incluso formando parte de otras biomoléculas (enzimas).

Las **sales precipitadas** originan formas esqueléticas y de sostén, tal es el caso de los fosfatos de calcio en huesos de vertebrados y los carbonatos de calcio en caparazones de moluscos.

Las **sales disueltas** originan aniones y cationes:

- Aniones: cloruros (Cl^-), fosfatos (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-), carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$), bicarbonatos (HCO_3^-), etc.
- Cationes: Na^+ , Ca^{++} , K^+ , Cu^+ , Fe^{++} , Mg^{++} , Zn^{++} , Mn^{++} , etc.

Las principales funciones de las sales en disolución son:

- Participar en proceso fisiológicos como activación de enzimas (Zn^{++}), transmisión del impulso nervioso (Cl^- , Na^+ , K^+), contracción muscular (Ca^{++}), fotosíntesis (Mn^{++}), etc.
- Neutralizan las cargas de algunas macromoléculas y proporcionan estabilidad a los coloides.
- Actúan como sistema tampón controlando las variaciones de pH.
- Mantienen el equilibrio osmótico.

5. Sistemas amortiguadores y regulación de pH.

En el agua pura existe una pequeñísima cantidad de moléculas disociadas en protones (H^+) e iones hidroxilo (OH^-). $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

En realidad los H^+ no existen aislados y se encuentran unidos a una molécula de agua formando iones hidronio. $\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+$

En el agua pura las concentraciones de H^+ y OH^- son iguales (y su valor es de 10^{-7}).

Las disoluciones acuosas pueden ser neutras (concentraciones de H^+ y OH^- iguales), ácidas (concentración de H^+ es mayor que la de OH^-) y básicas o alcalinas (concentración de OH^- mayor que la de H^+).

El grado de acidez o alcalinidad se expresa mediante la escala de pH que indica la concentración de iones H^+ en disolución.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

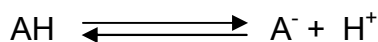
- Si la disolución es **neutra** el **pH** = $-\log [\text{H}^+] = -\log 10^{-7} = 7$
- Si la disolución es **ácida** el **pH** es **menor a 7**
- Si la disolución es **básica** el **pH** es **mayor a 7**

El pH en la mayoría de las células se acerca a la neutralidad pues el funcionamiento de las enzimas y la estructura de las proteínas se altera con pH extremos lo cual puede resultar letal para las mismas.

Es necesario controlar y regular el pH ya que las reacciones metabólicas producen sustancias ácidas o básicas, H^+ o OH^- , que tienden a modificarlo.

Las disoluciones de sales que contribuyen a disminuir estas variaciones, manteniendo el pH constante, se denominan **tampones o disoluciones amortiguadoras** y se caracterizan por presentar la forma disociada y la forma no disociada de un ácido débil en equilibrio (que pueden captar o liberar H^+ en respuesta a los cambios del medio).

Es el desplazamiento en el equilibrio de estas dos formas lo que amortigua los cambios de pH:



Los tampones más importantes en los seres vivos son:

- **El sistema fosfato** (especialmente en el medio intracelular).



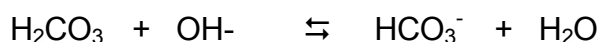
- **El sistema bicarbonato** (especialmente en el medio extracelular):



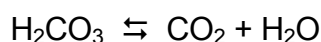
Así, por ejemplo, el par carbonato/bicarbonato evita la acidosis del medio cuando aparecen protones en el mismo pues las moléculas de bicarbonato los captan:



Análogamente evita la alcalinización del medio cuando aparecen iones hidroxilo pues las moléculas de carbonato liberan protones y el pH no varía o lo hace ligeramente.



El tampón carbonato resulta muy eficaz porque el exceso de H_2CO_3 se transforma en CO_2 y se elimina con la respiración.



6. El equilibrio osmótico.

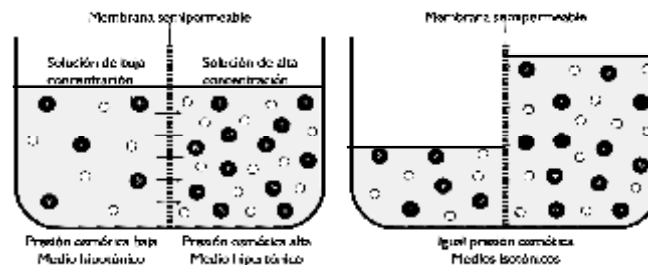
Cuando dos disoluciones de diferente concentración se ponen en contacto el soluto difunde de la más concentrada a la más diluida y el disolvente hace lo contrario hasta que ambas concentraciones se igualan.

Pero si dichas soluciones están separadas por una membrana semipermeable (que impide el paso del soluto), el disolvente pasará de la más diluida a la más concentrada hasta que las concentraciones se igualen. Este fenómeno recibe el nombre de ósmosis.

Los procesos osmóticos son capaces de desarrollar una presión, denominada presión osmótica, capaz de provocar la subida del nivel de una disolución en contra de la gravedad.

Los medios acuosos separados por membranas semipermeables pueden tener diferentes concentraciones denominándose:

- Hipertónicos o hiperosmóticos a los más concentrados.
- Hipotónicos o hipoosmótico a los que tienen menor concentración.



Las moléculas de agua difunden desde los medios hipotónicos hacia los hipertónicos, hasta alcanzar el equilibrio (pudiéndose igualar las concentraciones, en cuyo caso los medios serán **isotónicos o isoosmóticos**).

El agua es la molécula más abundante en el interior de todos los seres vivos y es capaz de atravesar las membranas celulares, que son semipermeables, para penetrar en el interior celular o salir de él. Este flujo depende de la diferencia de concentración entre los líquidos extracelular e intracelular, que está determinada por la presencia de sales y moléculas orgánicas disueltas.

Cuando el medio externo celular es hipertónico con respecto al medio interno, sale de la célula agua por ósmosis, y disminuye el volumen celular. Se produce la **plasmolisis o arrugamiento** de la célula. En el caso de las células vegetales la membrana plasmática puede desprenderse de la pared vegetal y llegar a romperse.

Cuando el medio externo celular es hipotónico con respecto al medio interno, se produce entrada de agua hacia el interior de la célula, lo que ocasiona un aumento del volumen celular. En el caso de las células animales puede producirse **ruptura celular (hemólisis o lisis osmótica)**. En células bacterianas y vegetales, que presentan paredes rígidas, se produce **turgencia celular**.

Para evitar los fenómenos de plasmolisis y turgencia que sufrirían las células por salida o entrada de agua, los seres vivos controlan las concentraciones intracelulares bombeando o expulsando sales a través de sus membranas constituyendo este proceso un mecanismo de osmorregulación.

Dibujos Pag 21.